

(41) 緩衝機能を有する落石防護擁壁の設計法

A DESIGN OF SHOCK ABSORBING RETAINING WALLS FOR A FALLING ROCK

勘田益男*
Masuo KANDA

*代表取締役 (有) 斜面防災研究所 (〒921 金沢市高島3-196)

キーワード：擁壁，緩衝材，球体
(retaining wall, shock-absorber, sphere)

1. はじめに

本研究は落石対策施設として用いられる擁壁について，落石の規模が大きくなるにつれて従来の方法では防護が困難となりつつあることをふまえ，ロックシェッドと同じように緩衝材を衝突面に設けることによって緩衝機能を有する型式を考案し，設計方法を提案することを目的としている。また，落石の形状も球体以外についても配慮する。

2. 設計の現状

落石対策便覧 (S.58) によれば，落石防護擁壁（以下，擁壁と言う）は通常重力式コンクリート擁壁として造られ，その基本的な考え方は，落石の持つ運動エネルギーを擁壁本体および支持地盤の変形エネルギーに変えて吸収することにより，落石を停止させる。つまり，落石が擁壁背面に直接衝突し停止すると考えている。

力学モデルと外力は次の仮定による。

擁壁を弾性地盤に支持された剛体と仮定し，落石の衝突時の運動エネルギーが地盤のパネ変形エネルギーと等しくなるまで水平変位および回転を生ずるものとする。この変位および回転により，地盤が受ける水平力およびモーメントによって安定計算を行なう。つまり，落石防止擁壁を図2.1のように底面のせん断パネと回転パネによって支持された振動モデルと考え，さらに通常の場合，一次固有振動形となることから，換算回転パネに置き換えるというものである¹⁾。

設計指針類に紹介された擁壁の最大形状は図2.2のとおりである²⁾。

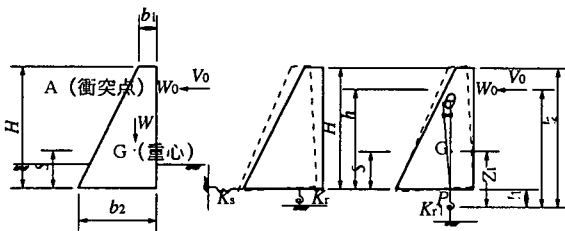


図2.1 モデルの置き換え

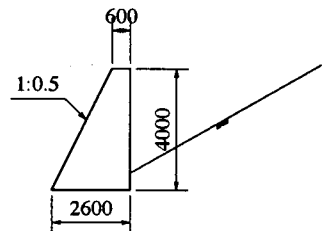


図2.2 一般的な形状

4. 緩衝材の設置事例

大規模な落石を擁壁で防護するためには、ロックシェットの緩衝材と同様に擁壁背面に緩衝材を設置する方法が考えられる。緩衝材がロックシェットのように土砂では設置が困難であるため、発泡スチロールのような自立性能を有することが条件となる。これまでも擁壁類にて設計・施工された報告は多数あるが、著者は落石対策便覧に紹介された擁壁を基本とし携わった事例を図4.1, 図4.2に示す。



図4.1 北陸地方における事例

図4.2 北日本における事例

5. 発泡スチロールの吸収エネルギー算出

緩衝材を発泡スチロールとした場合の吸収エネルギー算出方法に関する実験的研究が報告されている³⁾。しかし、提案されている設計式を用いるには次の問題点が指摘できる。

- ロックシェッドを対象としているため落石径と発泡スチロール厚の組合せに条件がある（発泡スチロール層厚> Q555×落石径に適応）。
- 落石を球体と仮定した上で、発泡スチロールの吸収エネルギーを円柱に置き換えた形状で算出しているため比較的誤差が大きい。
- 落石が球体以外の場合に対応できない。

上記した問題を解決するために、吸収エネルギー算出方法を提案する。

(1) 発泡スチロールの応力—ひずみの関係

発泡スチロールは単位体積重量が $\rho=15\text{kgf/m}^3$ を用い、応力—ひずみ関係は図5.1で示したように3本の直線でモデル化する。図5.1より $\rho=15\text{kgf/m}^3$ の各応力 σ_5 、 σ_{70} 、 σ_{100} は、

$$\begin{aligned} \sigma_5 &= 10\text{tf/m}^2 \\ \sigma_{70} &= 30\text{tf/m}^2 \\ \sigma_{100} (\sigma_{100}) &= 65\text{tf/m}^2 \end{aligned}$$

となる。

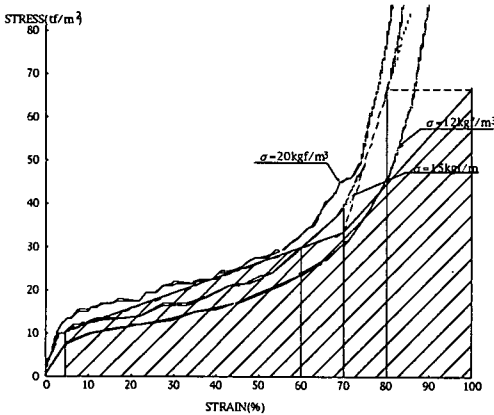


図5.1 発泡スチロールの応力—ひずみ関係とモデル化

発泡スチロールに落石が貫入する場合、吸収エネルギーは衝撃力と貫入量の関係より求められることより、図5.1に示すモデルによって算出する。ただし、擁壁の場合、落石に比して発泡スチロール厚さが小さい場合が考えられるため衝撃力の分散を考慮しないものとする。

(2) 球体の場合の算出

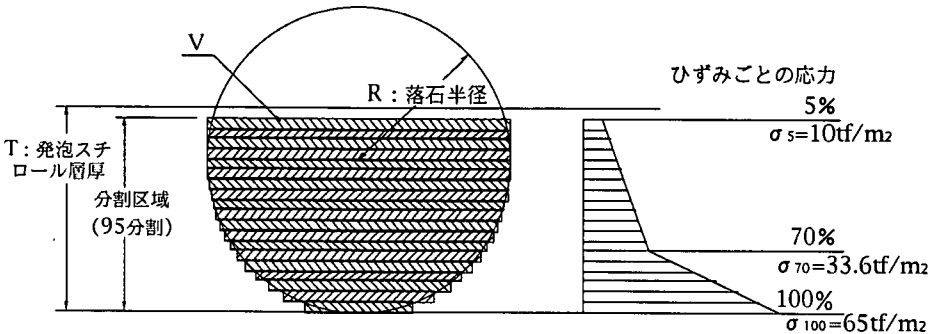


図5.2 吸収エネルギー算出模式図

落石が100%貫入する場合の発泡スチロールの吸収エネルギー E_{wc} は、

$$E_{wc} = V_1 \cdot \sigma_5 + V_2 \cdot \sigma_6 + \dots + V_{95} \cdot \sigma_{100} \quad \dots (1)$$

- ここに、 V_1 : 発泡スチロール5%ひずみに対応する貫入体積
- V_2 : 発泡スチロール6%ひずみに対応する貫入体積
- V_{95} : 発泡スチロール100%ひずみに対応する貫入体積
- σ_5 : 発泡スチロール5%ひずみの応力
- σ_6 : 発泡スチロール6%ひずみの応力
- σ_{100} : 発泡スチロール100%ひずみの応力

発泡スチロールの吸収エネルギーと層厚、落石径の関係を図5.4に示す。

(3) 八面体の場合

図5.3に示す八面体を想定し、先端より落下すると考えて球体と同様に吸収エネルギーを求める。

発泡スチロールの吸収エネルギーと層厚、落石径の関係を図5.5に示す。

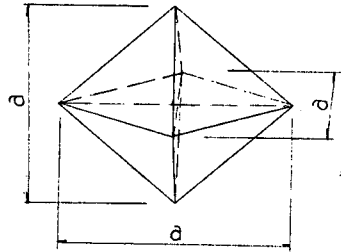
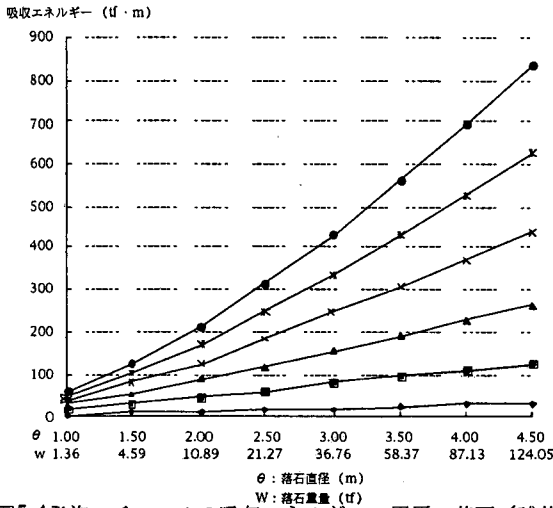


図5.3 八面体の形状

図5.4発泡スチロールの吸収エネルギー・層厚・落石（球体）の関係

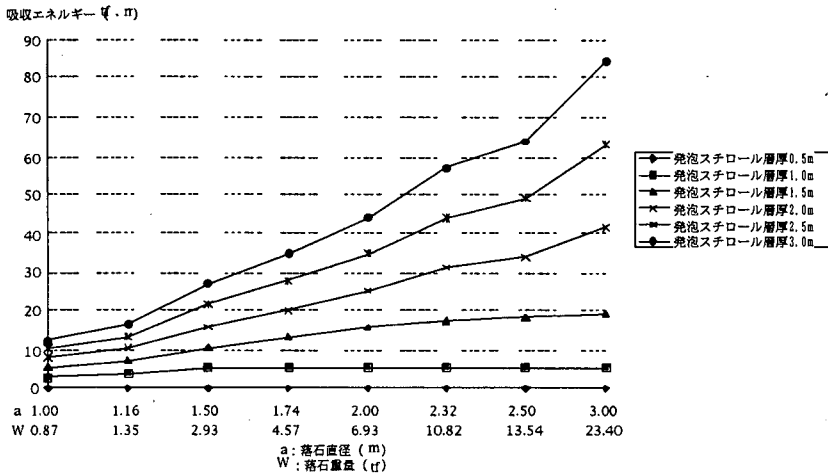


図5.5発泡スチロールの吸収エネルギー・層厚・落石（八面体）の関係

6 擁壁に作用する衝撃力の算出

前記において算出した発泡スチロールの吸収エネルギーは落石が発泡スチロールを貫入して擁壁に衝突することを前提としている。実際の設計では貫入量が100%以下の場合も考えられる。この場合は衝撃力を算出する必要がある。

衝撃力 (P) は、

$$P=A_5 \cdot \sigma_5 + A_6 \cdot \sigma_6 + \dots + A_N \cdot \sigma_N \quad \dots (2)$$

ここに、
 A_5 : 発泡スチロール5%ひずみに対応する面積
 A_6 : 発泡スチロール6%ひずみに対応する面積
 A_N : 発泡スチロールN%ひずみに対応する面積

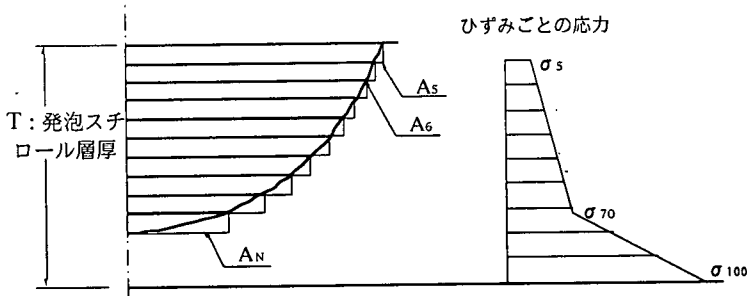


図6 衝撃力算出模式図

7. 設計の考え方

緩衝材を設けた場合、落石の貫入量によって設計計算方法が異なるため図7に示すフローチャートによって判定すればよい。

8 今後の課題

今回の方法を衝撃力を用いるロックシェッドに適用することは十分に可能である。また、同様に落石の形状が異なっても容易に吸収エネルギーや衝撃力を求めることができる。あわせて次回の報告としたい。

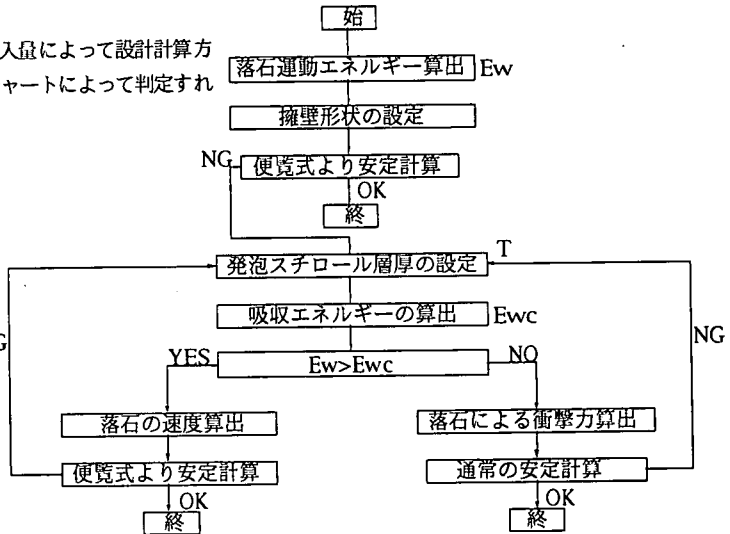


図7 擁壁設計のフローチャート

参考文献

- 1) (社)日本道路協会：落石対策便覧，1983年7月
- 2) 北陸地方建設局建設技術協会：設計要領〔道路編〕，平成7年8月
- 3) 吉田博・松葉美晴・法貴貫志郎・久保田努：発泡スチロールの落石に対する緩衝効果に関する実験的研究，土木学会論文終第427号7-14，1991年3月